

Tartu Ülikool

Loodus- ja täppiseaduste valdkond

Ökoloogia ja Maateaduste Instituut

Geograafia osakond

Bakalaureusetöö loodusgeograafias

Ebatsuuga kasvust Viljandis dendrokronoloogilistel andmetel

Marko Mitt

Juhendaja: PhD Alar Läänelaid

Kaitsmisele lubatud:

Juhendaja:

Osakonna juhataja:

Tartu 2017

Infoleht

Ebatsuuga kasvust Viljandis dendrokronoloogilistel andmetel

Käesoleva bakalaureuse töö eesmärgiks on anda ülevaade Viljandis Uuel tänaval kasvanud ebatsuugade dendrokronoloogiliste andmete põhjal tehtud analüüsist ja seostest erinevate kliimanäitajatega ning võrrelda neid mujal maailmas tehtud uuringutega. Töö esimeses osas antakse ülevaade ebatsuugade üldisloomustusest ning olukorrast Eestis ja tutvustatakse dendrokronoloogiat kui teadust. Teises osas kirjeldatakse uuringu metoodikat ja materjali kogumist ning andmetöötlust. Kolmandas osas antakse ülevaade saadud tulemustest. Neljandas osas võrreldakse saadud tulemusi mujal maailmas tehtud ebatsuugade uuringutega. Uuritud ebatsuugade kronoloogia pikkuseks on 79 aastat vahemikus 1937-2015. Kronoloogiat võrreldi sademete ja temperatuuridega ning leiti nendevahelisi seoseid. Leiti ka näitaastad, mis toovad välja eriti kitsad ja laiad aastarõngad ning kumulatiivse juurdekasvu meetodiga leiti ebatsuugade tõenäolised istutusajad.

Märksõnad: Ebatsuuga, dendrokronoloogia, kronoloogia, näitaasta, kumulatiivne juurdekasv, aastarõngas. **CERCS kood:** B430 – Metsakasvatus, metsandus, metsandustehnoloogia, P510 – Füüsiline geograafia, klimatoloogia.

Growth of Douglas fir in Viljandi according to data of dendrochronology

The aim of this bachelor's work is to provide an overview of Viljandi Uus street Douglas fir dendrochronological data and its relations with climatic parameters and compare the results to other Douglas fir research works. The first part of the work provides a general overview of Douglas fir, the situation of the tree in Estonia and a short introduction of dendrochronology. The second part describes the methodology and material collection and data processing. The third part describes the results of the research. The fourth part compares the results with Douglas fir investigations from other countries. The analyzed length of Douglas fir chronology is 79 years from 1937 to 2015. The chronology was compared with rainfall and temperature. Besides pointer years were found, revealing very small and large tree rings. Cumulative growth characterizes the dynamics of the tree radius through its lifetime.

Key words: Douglas fir, dendrochronology, chronology, pointer year, cumulative growth, tree ring. **CERCS code:** B430 – Sylviculture, forestry, forestry technology, P510 – Physical geography, climatology.

Sisukord

1.	Sissejuhatus.....	4
2.	Ebatsuugadest ja dendrokronoloogiast	6
2.1	Hariliku ebatsuuga üldiseloostus.....	6
2.2	Ebatsuugadest Eestis.....	7
2.3	Kasvutegurid.....	9
2.3.1	Kliimatingimused.....	9
2.3.2	Mullastik	9
2.3.3	Inimtekkelised tegurid	10
2.3.4	Haigused ja puidukahjurid	10
2.4	Dendrokronoloogia ajaloost	11
3.	Materjal ja metoodika	13
3.1	Uuritavate ebatsuugade asukoht	13
3.2	Kasvukoht.....	14
3.3	Kliima ja kasvuperiood.....	15
3.4	Materjal.....	16
3.5	Andmete töötlemine	18
4.	Tulemused.....	22
4.1	Hariliku ebatsuuga juurdekasvu seos temperatuuri ja sademetega	24
4.2	Näitaastad	27
5.	Arutelu	30
6.	Kokkuvõte.....	33
7.	Summary	35
8.	Tänuavaldused	37
9.	Kasutatud kirjandus	38

1. Sissejuhatus

On hästi teada, et aastaaegade kliimas (nt parasvöötmes) kasvanud puu vanuse saab tema aastarõngaid kannult kokku lugedes. Aga on vähem teada, et erinevatel puudel kitsaste ja laiade aastarõngaste mustreid võrreldes, saab teada täpsed aastad, millal aastarõngad moodustusid. Sarnaseid võrdlusi saab teha ka puude fragmentidega, millel ei ole teada täpset vanust ning võrrelda neid elusate puude aastarõngastega (Fritts, 1976). Teadust, mis seda uurib, nimetatakse dendrokronoloogiaks.

Dendrokronoloogia on üks tähtsamaid keskkonna muutumise dünaamika uurimise viise, kus uuritakse nii looduslikke keskkonna-protseesse kui ka inimeste põhjustatud muutusi nagu näiteks saastatus. Dendrokronoloogia uurib puude aastarõngastes talletatud ajalisi muutusi keskkonnas. Puu on väga oluline vahend uurimaks minevikus toimunud keskkonnamuutusi, sest nad salvestavad iga häiringu, mis nende kasvu piiravad ühel kasvuperioodil (Speer, 2009).

Dendrokronoloogilisi uurimusi rakendatakse tänapäeval väga paljudes valdkondades nagu klimatoloogias, kus aastarõngaid kasutatakse mingi ala mineviku ja praeguse kliima uurimiseks ja rekonstrueerimiseks, arheoloogias, kus puude aastarõngaid kasutatakse nt ehitiste ja puitesemete dateerimiseks, ökoloogias, kus uuritakse Maa ökosüsteeme mõjutavaid faktoreid puude aastarõngaste abil jne. (Läänelaid, 1999).

Aastarõngaid moodustavad okaspuud ja peaaegu kõik sesoonses kliimas kasvavad kaheidulehelised puittaimed (Läänelaid, 1999). Käesolev töö keskendub Eestis vähe uuritud ning siia minevikus sissetoodud hariliku ebatsuuga (*Pseudotsuga menziesii*) dendrokronoloogilisele uurimisele. Harilikku ebatsuugat hakati Eestis laialdasemalt kultiveerima XX sajandi alguses. Ebatsuuga peamine propageerija Eestis oli krahv F. Berg, kes istutas 1910. aastal Sangastesse parkmetsa ning rajas sinna hariliku ebatsuuga geograafilised katsekultuurid, mis olid esimesed Eestis (Laas, 2004).

Töö eesmärkideks püstitati:

- 1) Anda lühiülevaade dendrokronoloogiast, harilikust ebatsuugast kui võõr-puuliigist ja kirjeldada hariliku ebatsuuga olukorda Eestis,

- 2) Analüüsida hariliku ebatsuuga dendrokronoloogilisi andmeid seoses erinevate kliimanäitajatega Viljandi linnas kasvanud harilike ebatsuugade näitel,
- 3) Võrrelda Viljandi ebatsuugade andmeid mujal maailmas uuritud ebatsuugadega.

2. Ebatsuugadest ja dendrokronoloogiast

2.1 Hariliku ebatsuuga üldiseloostus

Harilik ebatsuuga (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) on ebatsuuga perekonna tuntuim ja suurima areaaliga liik. Levib looduslikult Põhja-Ameerika lääneosas Kaljumäestikust kuni Mehhikoni (Hariduskeskus, 2008). Esimese eurooplasena nägi 1791.-1795. aastatel toimunud ekspeditsioonil Vancouveri saarel harilikku ebatsuugat šoti botaanik A. Menzies. Tema tõi Euroopasse kaasa esimese hariliku ebatsuuga võrse (Hermann, Lavender, 2014). 1825 kirjeldas seda liiki üksikasjalikult šoti taimegeograaf ja botaanik David Douglas, kes kogus seemneid ning tõi need esmakordselt Briti saartele 1827. aastal (Laas, 2004).

Varasemas dendroloogiakirjanduses kandis harilik ebatsuuga eestikeelset nimetust duglaasia (Mathiesen, 1934) või Douglase kuusk. Nimetuse osis Douglas leidub tänapäevalgi paljudes euroopa keeltes, näiteks inglise keeles Douglas fir, saksa keeles Douglasfichte, ka Douglasie, soome keeles Douglaskuusi (Roht, 2003).

Botaanikasse jõudis harilik ebatsuuga esimest korda 1838. aastal, kui inglase J. Loudon kirjeldas liiki nimetusega Douglase nulg (*Abies douglasii*). Alles 1867. aastal eraldati ebatsuugad omaette puude perekonnaks (Roht, 2003). Kokku on ebatsuugasid maailmas kuus liiki: harilik ebatsuuga (*Pseudotsuga menziesii*), millel eristatakse kahte teisendit: roheline ebatsuuga ehk ranniku-ebatsuuga ja sinihall ebatsuuga; hiina ebatsuuga (*P. sinensis*); jaapani ebatsuuga (*P. japonica*); suurekäbiline ebatsuuga (*P. macrocarpa*); (*P. brevifolia*) ja (*P. forrestii*) (Earle, 2015).

Harilik ebatsuuga kasvab Põhja-Ameerika lääneosas ulatuslikul territooriumil 55° ja 22° põhjalaiuse vahel. Areaal ulatub Briti Columbia keskosast Mehhikoni. Harilik ebatsuuga on Ameerikas ning ka mujal maailmas väga oluline puuliik (Laas, 2004).

Võra on koonusjas ning sarnaneb väga palju harilikule kuusele, oksad on pikad ja kaharad, esinevad männastevahelised oksad. Koor on algul sile, tumehall ja vaigumuhkudega, muutudes hiljem väga paksuks, sügavalt lõheliseks, korkjalt elastseks ja kahvatupruuniks. Tänu paksule koorele on ebatsuugad vastupidavad metsapõlengutele. Koore rist- ja pikilõigetes vahelduvad hele- ja tumepruunid katkendlikud kihid (Laas, 2004).

Okkad kinnituvad võrse väikesele nāsakesele lühikese rootsu abil ning okkad on 1,5 - 4 cm pikad, peened ja tõmpterava tipuga ning alumisel küljel asuvad kaks valkjat õhulõhevööd. Okkad asetsevad täisvalguses radiaalselt ümber võrse, varjus ebaselgelt kammitult ning püsivad puul ca 8 ja enam aastat, Eestis umbes 4-5 aastat (Laas, 2004).

Harilik ebatsuuga on kasvutingimuste suhtes üsna nõudlik. Sobivad kasvukohad on parasniisked sügavapõhjalised saviliiv- ja liivsavimullad. Ebatsuugale on ebasoodne kõrge põhjaveetase, sel juhul on moodustuv juurestik pindmine ning puud saavad tormidega kergesti kahjustada. Kuival kasvukohal kasvades kasvatab ebatsuuga endale tugeva peajuure. Noored ebatsuugad on üsna külmakartlikud. Lumest väljuvad oksad ja pungad külmuvad kiiresti, aga tänu regeneratsioonivõimele taastuvad üsna kiiresti. Valgusnõudluse suhtes on ebatsuuga meie kodumaiste kuuse ja männi vahepealne. Noored taimed võivad kasvada ka täisvalguses, mida kuused hästi ei talu (Roht, 2003).

2.2 Ebatsuugadest Eestis

Millal ebatsuuga Eestisse jõudis on vaieldav. Kuid 1880. aastast on teada, et Tallinna lähedal tehti hariliku ebatsuugaga kultiveerimiskatseid. Puud olevat kahjuks hukkunud, sest istutusmaterjal polnud sobiv. Samuti on teada, et 1888. aastal hävitasid madalad temperatuurid Hiiumaal kümne aasta vanused taimed. Nende andmete põhjal otsustades alustati hariliku ebatsuuga kasvatamise katseid Eestis järelikult XIX sajandi lõpupoolel (Roht, 2003).

Esimesena Eestis hakkas süstemaatilisi katseid ebatsuuga kasvatamisel tegema krahv Friedrich Berg. Tema poolt kasutatud seemnete päritolu oli täpselt teada. Ta kasvas taimlas 27-st eri kohast saadud seemnetest taimi ja võrdles nende kasvu. Osa taimi külmus juba taimlas, need ei sobinud Eesti kliimasse. Hukkusid reeglina rannikualadelt pärinenud seemnetest kasvatatud taimed. Sisemaa päritoluga seemned andsid vastupidavamad taimed. Paremad tulemused saadi Coloradost ja New Mexicost pärit seemnetega. Fr. Berg pidas Eesti oludele kõige sobivamaks Briti Columbia päritoluga ebatsuuga seemet. Sealsest seemnest kasvatatud puud olid küll aeglase kasvuga, kuid täiesti külmakindlad (Kasesalu, 2008).

Eesti vanemad ebatsuugakultuurid on ligi üheksakümneaastased. USA-s arvatakse ebatsuugade raievanuseks vaid ca 50 aastat. Seega on Eesti vanemad ebatsuugad USA mõistes raieküpsed (Roht, 2003). Ebatsuugade puistud Eestis asuvad endistes Kuusalu, Tõrva, Kunda, Roela, Purdi jt. metskondades, Tihemetsas, Luual ning Heimtali, Kahkva ja Uhtna lähedal. Kuusalu puistu raiuti maha 2002. aastal. II ja III vanuseklassi puistuid kasvab Kiidjärvel, Järvseljal, Kilingi-Nõmme ümbruses, Luual, Purdis jm. (Laas, 2004).

Hariliku ebatsuuga puhtkultuurid on Eestis rajatud istutamistega, külvi kasutati vaid 1935. aastal Kahkva metskonnas kitsaribalise puistu rajamisel. Ebatsuugat on kultiveeritud viljakatele parasniisketele või gleistunud muldadele jänesekapsa, naadi-jänesekapsa, naadi ja jänesekapsa-mustika kasvukohatüüpides. Valdavalt on rajatud puhtpuistuid, kuhu looduslikult on tekkinud ka kuuske ja lehtpuuliike. Peamiselt rajatakse neid raestikutele, vähem vähetootlikele põllumaadele (Laas, 2004).

Harilikku ebatsuugat on Eestis kasvatatud mitmel pool. Teadaolevalt kasvab teda Räpina pargis (istutatud 1926), Sangaste (1926), Aaspere (1930), Vigala (1927), Kose (1930), Vasalemma (1930), Olustvere (1930) ja Kukruse pargis ning Tollide suguvõsa matusekohas, mälestusmärgi lähikonnas (1930). Tallinnas mõnes eraaias (1928/1929) ning Viljandis (1936). Hariliku ebatsuuga teiseid on kasvatatud Sangaste pargis (1926) ning Tallinnas Saksa aiandusseltsi aias ehk Hirvepargis (1928/1929). Teiseid on kasvatatud veel Räpinas (1926) ja Vana-Antslas (1926) ning ebatsuugasid on istutatud ka Tallinnas Süda tänav 2 (Kanger, Sander, 2004).

Arboreetumeid, mis sisaldavad ebatsuugasid on rajatud Triigis, Mõisakülas, Jõhvis, Rael, Audrus, Kokamäel, Villeveres, Neemil, Paasikul, Völumäel ja Kullametsas. Teisendite arboreetumeid on rajatud Patastel, Jõhvis, Rael, Kokamäel, Audrus, Neemil ja Völumäel ning veel on neid rajatud Mõisakülle ja Triigisse (Abner jt., 2004).

Eestis on kaitse alla võetud kaks ebatsuuga-puistut. Üks on Tartu linnas Raadi kalmistu sõjaväekalmistu ebatsuuga-allee ning teine Järvamaal Purdis kasvav ebatsuugapuistu (Keskkonnaamet, 2010).

2.3 Kasvutegurid

Puude kasvu mõjutavad väga mitmed tegurid. Ökoloogiliste tegurite alla kuuluvad biootilised, abiootilised ja inimtekkelised tegurid (Masing, 1992). Biootilisteks teguriteks on seemned, taimed ja loomastik ning abiootilisteks teguriteks on valgus, temperatuur, niiskus, tuul, mulla pH jt. Inimtekkelised tegurid jaotuvad veel omakorda kaheks: tahtmatud ja tahtlikud tegurid. Tahtmatuteks teguriteks on tallamine, põleng, õhusaaste jt. Tahtlikud on need tegurid, mida inimene looduse majandamisega kaasa toob, nt metsade majandamine, looduskaitse, rekreatsioon jt. (Laas, 2004).

2.3.1 Kliimatingimused

Harilik ebatsuuga kasvab väga varieeruvates kliimatingimustes. Oma looduslikus levilas kasvab merelises kliimas, mida iseloomustab kergus, niisked ja jahedad talved, suhteliselt kuivad suved, pikad külmavabad perioodid ja väikesed päevased temperatuuride kõikumised (6-8° C) (Hermann, Lavender, 2017).

Hariliku ebatsuuga teisend roheline ebatsuuga kasvab Kaskaadides ja Sierra Nevadas, kus on karmimad kliimatingimused: talved on külmemad, külmavabad perioodid on lühemad ning ööpäevased temperatuuride kõikumised on suuremad (10-16° C). Enamik sademeid sajab alla lumena (Earle, 2015).

Sisemaal ja mäestikes kasvab sinihall ebatsuuga, mis levib peamiselt Kaljumäestiku piirkonnas. Kaljumäestiku põhjaosas on valitsev kerge kontinentaalne kliima. Sademed on ühtlaselt jaotunud kogu aasta vältel, välja arvatud juuli ja augusti kuival perioodil. Kaljumäestiku keskosas on kliima kontinentaalne. Talved on pikad ja rasked, suved on kuumad ning mõnes piirkonnas ka väga kuivad. Aastased sademed on suuremad lääne osas ning sajab alla peamiselt lumena. Mäestiku lõunapoolses osas esinevad sademed peamiselt kasvuperioodil ja talved on üsna sademetevaesed (Earle, 2015).

2.3.2 Mullastik

Harilik ebatsuuga on kasvukoha suhtes nõudlik. Eelistab kasvamiseks päikesepaistelist ja poolvarjulist kasvukohta, kus parasniiske muld on sügavapõhjaline ning huumusrikas. Kuivadel liivapinnastel ja rähksel moreenil võib jääda kiratsema. Ebatsuuga ei talu ka

liigniisket pinnast. Vajab ta veel ka toitainerikast, hea aeratsiooniga nõrgalt happelist mulda, kus ideaalne pH tase jääb 5 ja 6 vahele (Järvelja, 2017). Talub hästi linnatingimusi ning on suhteliselt saastekindel liik (Ignase puukool, 2017).

2.3.3 Inimtekkelised tegurid

Puude kasvu mõjutavad inimtekkelised tahtmatud tegurid on tallamine, põlengud ja õhusaaste, viimane on üks olulisemaid tegureid linnatingimustes. Inimtegevuse poolt enim ohustatud puud asuvad linnades ja muudes inimasustustes näiteks pargid ja alleed. Nende koosluste mõjuteguriteks on transport, ehitustegevus, teede ja tänavate hooldus ning ehitus jne. Uuritavad harilikud ebatsuugad kasvasid linnatingimustes alleena ning inimtegurid olid väga olulisteks kasvu mõjutajateks.

2.3.4 Haigused ja puidukahjurid

„Mõned puiduliigid on looduslikult vastupidavamad kui teised. Samas on lülipuit mädanikele vastupidavam kui maltspuit, kuna see sisaldab maltspuidust rohkem ekstraktiivaineid nagu vaik jne., mis omakorda takistavad vee puitu imbumist. Männi lülipuit sisaldab näiteks teatud karboolhappe derivaati – pinosülviini, millel on võime hävitada seeni. Puude kahjustajateks on bakterhaigused, seenhaigused ja putukparasiidid“ (Saarman, Veibri, 2005).

Bakterid kahjustavad puidurakke anaeroobses või väga hapnikuvaeses keskkonnas. Näiteks palkides, mis on pikalt seisnud vee all või maa sees asetsevates ehitiste alusmüüre toetavates vaiades (Saarman, Veibri, 2005).

Seenhaigused kahjustavad puid sellega, et seeneniidid ehk hüüfid tungivad puidu radiaalsetesse säsiikiirtesse, milles leidub neile rikkalikult toitaineid. Edasi levivad seeneniidid läbi pooride puidurakkudesse või söövitavad ensüümide abil augud otse läbi rakuseinte. Eestis on levinud sinetusseened, mis põhjustavad puidu värvi muutust (Saarman, Veibri, 2005). Harilikul ebatsuugal võivad kasvada sajad seened, aga tõsiseid probleeme põhjustavad vähesed. Ebatsuuga on vähem vastuvõtlik juurepessule (*Heterobasidium annosum*), kui mõni teine okaspuuliik. Taimlates kahjustavad ebatsuuga seemikuid mitmed seened: *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Phytophthora*, *Fusarium*, ja *Botrytis*. Ebatsuugadele surmavad on ka külmaseened (*Armillaria*), männitaelik (*Phellinus*) jne. (Hermann, 1990).

Putukkahjurite hulka kuuluvad väga paljude putukarühmade esindajad. Neid liigitatakse kahjustuste iseloomu järgi kolmeks: primaarseteks, sekundaarseteks ja tertsiaarseteks. Primaarsed asustavad terveid puid, sekundaarsed haigeid ja nõrgestunud ning tertsiaarsed, kes asustavad surevaid ja juba surnud puid. Putukad kahjustavad mistahes vanuses puid. Olenevalt putukast, süüakse juuri, võrseid, pungid, lehti ja okkaid. Elupaikadeks kasutatakse koorealuseid pindu ja viljade või seemnete sisemusi (Traks, 2016).

Putukatest on okaspuule kõige kahjulikum. harilik männikärsakas (*Hylobius abietis* L.). Ta elab kõikjal okasmetsades. Meeliskohtadeks on talle raieistikud, kus on palju kände ning raiejäätmeid. Raiestikel toituvad nad istutatud või juba kasvavate okaspuutaimede tüvede koorest. Suurimat kahju tekitab harilik männikärsakas tüve maapinnalähedases osas, kus koore närimise tõttu tekib vaigujoos ning puude kasv aeglustub ning nad jäävad kiratsema. On suur oht, et massilise esinemise puhul hävitavad nad metsakultuuri täielikult (Traks, 2016).

2.4 Dendrokronoloogia ajaloost

Dendrokronoloogia juured ulatuvad XV sajandisse, kui Leonardo da Vinci uuris Itaalia puude rõngaste laiuste varieerumise põhjuseid Dendrokronoloogia kui uurimismeetodi algus ulatub XIX sajandi teise poole, kui Theodor ja Robert Hartig rajasid dendrokronoloogia ökoloogilist alust ning Bruno Huber jätkas nende tegevust 1940-1960 (Schweingruber, 1996).

Arheoloogias tegi dendrokronoloogilise uurimismeetodiga läbimurde A. E. Douglass, kes võttis kasutusele ristdateerimise meetodi jättes kõrvale ökoloogilised aspektid. Tänapäeval on need taas ühendatud. Hartigi koolkonna meetodeid on laiendatud ning Douglassi meetodeid ei peeta enam absoluutseteks dendrokronoloogia kriteeriumideks. Kuid siiski on ristdateerimise tulemused dendrokronoloogia selgrooks (Schweingruber, 1996).

Dendrokronoloogia on väga arenev uurimismeetod. Teadusena arenes see välja varajastel 1970ndatel, mil seda rakendasid mõned Ameerika ja Euroopa teadlased, uurimaks ajalooliste ja arheoloogiliste objektide vanuseid. Tänapäeval kasutatakse dendrokronoloogiat üle kogu maailma suure hulga teadlaste poolt erinevatelt teadusaladelt (Schweingruber, 1996).

1989. aastast on puude aastarõngaste uurimine saanud ülemaailmseks, sest uurimiste eesmärgiks on tutvustada ja kirjeldada globaalseid muutusi. Sellest ajast peale on Ameerikas

ja Euroopas korraldatud rahvusvahelisi dendrokronoloogia väliuuringuid ning alates 1980ndate keskpaigast on dendrokronoloogia kui teadusharu esindatud ka ülikoolides (Schweingruber, 1996).

3. Materjal ja metoodika

3.1 Uuritavate ebatsuugade asukoht

Uuritud ebatsuugaproovid pärinevad Viljandimaalt, Viljandi linnast, Uuel tänavalt. Uus tänav asub Uueveski linnaosas ja sellel tänaval asus ebatsuuga allee, kus kasvas 58 harilikku ebatsuugat (Vabrit, 2016). Allee pikkuseks oli 740 meetrit ning hinnanguliselt oli allee rajatud 1920ndate aastate lõpus ja 1930ndate aastate alguses (Sakala, 1999). Allee oli ida-lääne-suunaline, see algas Uue tänava ja Allika tänava ristmikult ($58^{\circ}21'59,72''$ N $25^{\circ}36'55,28''$ E) ning lõppes Uue tänava ja Lembitu puistee ristmikuga ($58^{\circ}22'2,68''$ N $25^{\circ}36'27,85''$ E) (joonis 1).



Joonis 1. Ebatsuugade paiknemine Uuel tänaval Viljandis (punasega ümbritsetud alal). Allikas: Maa-amet.

Viljandi Uus tänav sai nime 13. novembril 1922. Tänav on osa Tartu – Viljandi – Kilingi-Nõmme maanteest (Vikipeedia, 2017). Allee osas on tänav ühesuunaline ning on valdavalt eramajade piirkond.

Viljandisse Uue tänava äärde istutati ebatsuugad 1930ndatel, seega puude vanuseks raiehetkel oli ca 80 aastat. Kuigi tegemist oli tähelepanuväärse objektiga, alleed looduskaitse alla ei

võetud. Ekslikult on allee nimetatud kaitse all olevaks 2009. aastal vastu võetud dokumendis „Viljandi linna arengukava 2008-2015“ (Järve, 2013).

Kui veel 2009. aastal oli allees 70 puud, siis 2013. aastaks loendati 58 ebatsuugat. Enamus puid (52 tk) pärinevad algsest istutusest. Lembitu puiestee poolses osas olevad puud on istutatud hiljem ning algselt kahte ritta; veelgi noorem on puu nr 52 (varem ekslikult määratud nuluks). Alleepuude keskmine kõrgus on 20 m, kõrgeimatel 25-26 m. Tüveläbimõõdud on peamiselt vahemikus 50-60 cm, jämedaimal 68 cm (Järve, 2013).

Puud kasvasid suhteliselt laial (5-9 m) haljasribal sõidutee ja kõnnitee vahel, omades piisavat kasvuruumi. Juurestik oli kohati kahjustunud sissesõiduteede asfalteerimise ja äärekivide paigaldamisega, millega ilmselt oli läbi lõigatud puude põhijuuri. Kuna paljud puud olid hõrenenud võraga ja kuivanud latvadega, siis need tingimused viitasid võimalikele juurestikuprobleemidele. Teadaolevalt 2013. aastaks ei olnud ükski puu allunud tormiheitele (Järve, 2013).

Puude tüved uuringu ajal olid heas seisukorras, tüvevigastusi või -lõhesid esines vaid üksikutel puudel. Peamiseks probleemiks olid kuivanud ladvad ja oksad ning ladvaosas või tervikuna hõrenenud oksastik, mille tõttu enamus puid oli kaotanud oma dekoratiivsuse. Selle põhjuseks tavaliselt on puudulikkus vee ja toitainete kättesaadavuses või varjatud juuremädanik. Haigusi puudel ei tuvastatud. (Järve, 2013). Ebatsuugaallee raiuti 2016. aasta kevadel. Viljandi linnavalitsusel on plaanis sinna rajada uus haljastus, aga täpset aega selleks määratud ei ole (Koorep, 2016).

Nõukogude Liidu ajal olid puud kohaliku kaitse all, kuid tänapäeval see ei kehti (Suurmägi, 2013). 1998. aasta detsembris esitati keskkonnaministeeriumile taotlus võtta Viljandi Uue tänava ebatsuugaallee looduskaitse alla, kuid Valitsus seda siiski ei kinnitanud (Seil, 1999).

3.2 Kasvukoht

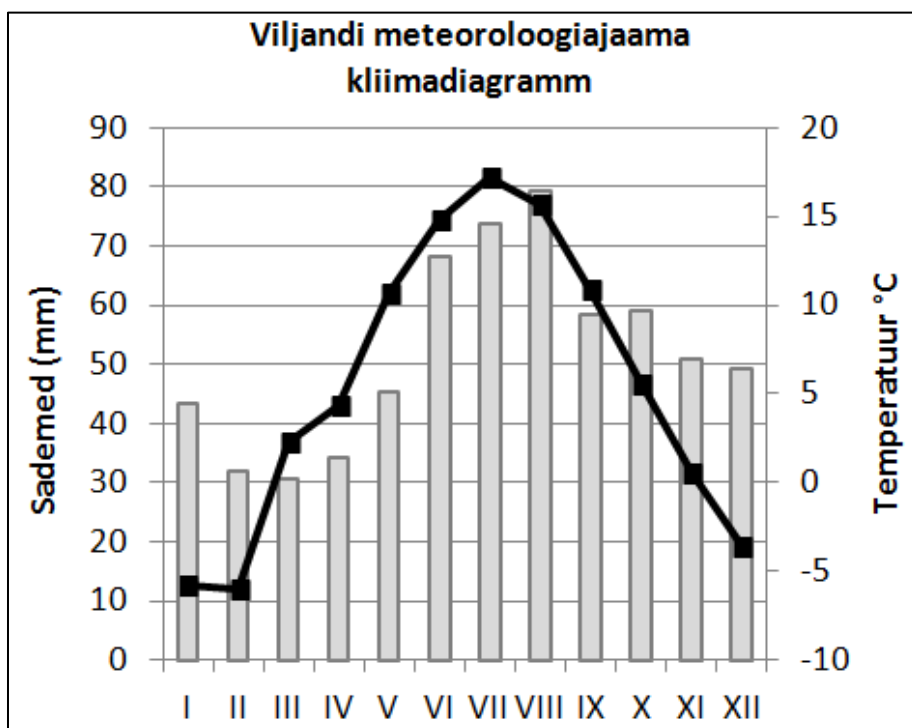
Viljandi jääb Sakala kõrgustiku maastikuvööndisse ning mullad, mis selles piirkonnas on, paiknevad Devoni liivakivi Aruküla lademel (Kleesment, 2006). Hariliku ebatsuuga allee jääb keskmiselt 76-82 meetri kõrgusele alale merepinnast (Maa-amet, 2017). Kuna ebatsuuga-allee asub linnalistes tingimustes, siis kasvupinnast on raske määrata.

3.3 Kliima ja kasvuperiood

Viljandi Uue tänava ebatsuugaallee kõige lähedasem mõõtmisjaam on Viljandi Meteoroloogiajaam. See asub Viljandi linnas Musta tee 9 ning asub alleest linnulennult umbes 1,4 km kaugusel.

Meteoroloogiajaama temperatuuride mõõtmisread algavad 1894. aastast ja sademete mõõtmisread algavad 1897. aastast ning mõlemad lõppevad 2015. aastaga. Keskmine temperatuur vaatlusperioodil 1894-2015 on $+5,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ning keskmine sademete hulk 1897-2015 on 624 mm.

Vaatlusperioodi keskmistest temperatuurinäitajatest selgub, et kõige külmemaks kuuks on veebruar $-6,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ning kõige soojemaks kuuks on juuli $17,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Kõige sajusemaks kuuks on august 79 mm ning kõige kuivemaks kuuks on märts 31 mm (joonis 2).



Joonis 2. Kuude sademete summad (tulbad) ja keskmised õhutemperatuurid (joongraafik) Viljandi meteoroloogiajaamas aastail 1894-2015.

Vegetatsiooniperioodiks loetakse meteoroloogiliselt perioodi, mille vältel ööpäeva keskmine õhutemperatuur on püsivalt üle $5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Püsivaks temperatuuri üleminekuks kevadel loetakse päeva, millest alates summeeritud temperatuuri kõrvalekalded viiest kraadist ei omanda enam negatiivset väärtust. Sügisel püsiv langus alla $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ leiab aset siis, kui temperatuuride kõrvalekalde summa jääb negatiivseks (Kadaja, Keppart, 2017).

Eestis kestab vegetatsiooniperiood 22. aprillist 28. oktoobrini ehk 190 päeva (Kadaja, Keppart, 2017). Ebatsuugad tolmlevad Eestis aprilli lõpus või mai esimesel poolel. Seemned valmivad varasügiseks ja varisevad reeglina septembrikuu keskpaigast alates. Käbid varisevad talvel ja kevadel (Laas, 2004).

Kasvuperioodi kõige soojemad kuud on juuli ja august, kus keskmised temperatuurid on vastavalt 17,2 ja 15,7 °C ning kõige külmemad kuud on aprill ja oktoober, vastavalt 4,3 ja 5,5 °C. Kõige sademeterohkemad kuud on august ja juuli, vastavalt 79 ja 74 mm ning kõige sademetevaesemad kuud on aprill ja mai, vastavalt 34 ja 45 mm.

3.4 Materjal

Viljandi Uue tänava alleelt on võetud tüve ristlõiked 22 harilikult ebatsuugalt. Proovid on võetud allee algusest Allika tänava poolt kus kasvasid mõlemal pool tänava serva puud (Vabrit, 2016). Puude raiumisega tegeles OÜ Arborist, kellele Viljandi linnavalitsus müüs 111 euro eest Uue tänava ebatsuugaallee raieõiguse (Viljandi Linnavalitsus, 2016). Proovid on võetud tüvedest umbes 2 meetri kõrguselt maapinnast. Sellelt kõrguselt saeti välja kettad, igast puust üks, mis toodi Tartu Ülikooli Geograafia osakonda (Läänelaid, 2016). Kettad võeti 2 meetri kõrguselt ka sellepärast, et jämedad tüved olid altpoolt seest pehkinud ning kettad ei oleks jäänud terveks (Vabrit, 2016). Üheks põhjuseks, miks kettad saeti 2 meetri kõrguselt, oli esialgne soov valmistada tüvedest skulptuurid. Linnakodanikelt aga ei laekunud ühtegi konkreetset ideed ning linnavalitsus otsustas tüved maha võtta (Koorep, 2016). Tüvekettad ladustati algul Viljandi linnavalitsuse hoovis ja hiljem seisid mitu kuud TÜ geograafia osakonna dendrokronoloogia laboris. Kõetavas ruumis kuivasid tüvekettad radiaalselt lõhki, seepärast on allolevas tabelis fikseeritud ka iga ketta kuivamislõhe laius puidu perimeetri tasapinnal (tabel 1). Kuivamise tase näitab, kui palju on kettapindala kuivamisega vähenenud.

Tabel 1. Uuritavate harilike ebatsuugade tüveketaste üldandmed.

Puiduketta nr.	Übermõõt (cm)	Kuivamislõhe laius (cm)	Diameeter (kooreta) N -> S	Diameeter (kooreta) W -> E	Kuivamise tase (%)	Korba paksus (cm)
1	151	4	45,5	45	2,649	2
2	163,5	2,5	[45,5]*	[49]*	1,529	2
3	167,5	4,5	47	49,5	2,687	3
4	159,5	2	[46,5]*	[45]*	1,254	3
5	185	5	52	52	2,703	4
6	188	5	57	54	2,660	3
7	192	3	56	52,5	1,563	3
8	175,5	3,5	48	50	1,994	3
9	184	1	[47,5]*	[51]*	0,543	4
10	180	2	51	51,5	1,111	3
11	215	4	[63]*	[61]*	1,860	3,5
12	207,5	2,5	59	59	1,205	4
13	188	1,5	[52]*	[55]*	0,798	3
14	184	3	54	55	1,630	2
15	219	3	66	65	1,370	3
16	178,5	4,5	54	51	2,521	3
17	193,5	2,5	56	59	1,292	3

18	197	1	60	52	0,508	3
19	195	1	56,5	54	0,513	3,5
20	196	1	56,5	56	0,510	3
21	193	4	55,5	56	2,073	3
22	219	5	57	66	2,283	4

*ketastele ei ole märgitud põhja suunda

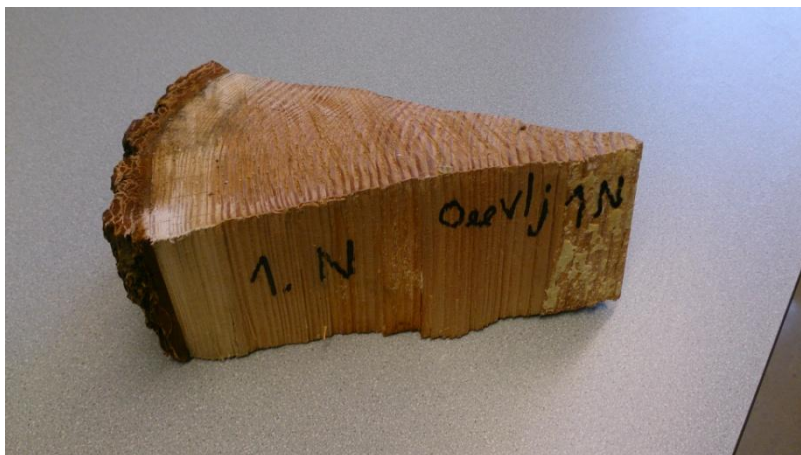
Tabelis on välja toodud uuritavate ketaste number, ümbermõõt, mis on võetud koore pealispinnalt, kuivamislõhe laius, diameetrid põhja-lõuna- ning ida-lääne-suunaliselt, korba paksus ning kuivamise tase, mis kirjeldab lõhe osakaalu ümbermõõdust.

3.5 Andmete töötlemine

Proovid olid saetud ketastena puutüvedest (joonis 3) ning uurimise ettevalmistamiseks prepareeriti ketastest põhja- ja lõuna-suunalised sektorkujulised proovid (joonis 4), välja arvatud proovil nr. 22, sest antud ketas sisaldas kahte kokkukasvanud tüve ning sellest võeti neli proovi (vastavalt N-E ja S-W). Proovid prepareeriti nii, et see hõlmaks pinda koore alt kuni säsini välja. Kõikidel puudel ei olnud märgitud põhja suunda ning nendel prepareeriti proov sealt, kus oli parem neid võtta ning märgiti vastavalt A ja B. Prepareeritud proovid kasteti järgnevalt kuuma veega märjaks ning noa ja žileti abil tehti proovi ristlõikepinnal raadius siledaks. Seda tehti sellepärast, et oleks parem eristada aastarõngaid ning eriti kitsaste aastarõngaste määramiseks. Väga kitsaste aastarõngaste eristamiseks kasutati proovi peal valge kriidipulbriga töötlemist.



Joonis 3. Ebatsuuga tüvest välja saetud ketas (nr. 19). Ketta läbimõõt koorega on 62 cm. Foto M. Mitt 2016. a.



Joonis 4. Ebatsuuga kettast välja prepareeritud proov (nr. 1). Proovil on märgitud kood 0eevlj1N ning järjekorranumber ja põhjasuuna tähis N. Foto M. Mitt 2017. a.

Aastarõngad loeti üle mikroskoobi all ning dateerimiseks kasutati programmi TSAP-Win (Rinntech). TSAP-Win on programm, mis on mõeldud puude aastarõngaste analüüsimiseks. Selles programmis saab mõõta aastarõngaid ning hinnata aastarõngaste järjestusi. Andmete haldamiseks on seal võimalik luua erinevaid statistilisi ja graafilisi funktsioone (Rinntech, 2017). Aastarõngaste laiused mõõdeti 1/100 millimeetrites, sest ebatsuugade aastarõngaste üleminek hilispuidult varapuidule on selgelt eristatav. Mõõtmisandmed salvestati arvutisse Heidelbergi formaadis failidena. Mikroskoobiga mõõdeti nii aastarõngaste laiused kui ka nende arv. Igale proovile anti vastav koodnimetus. Koodnimetus peab sisaldama maksimumi

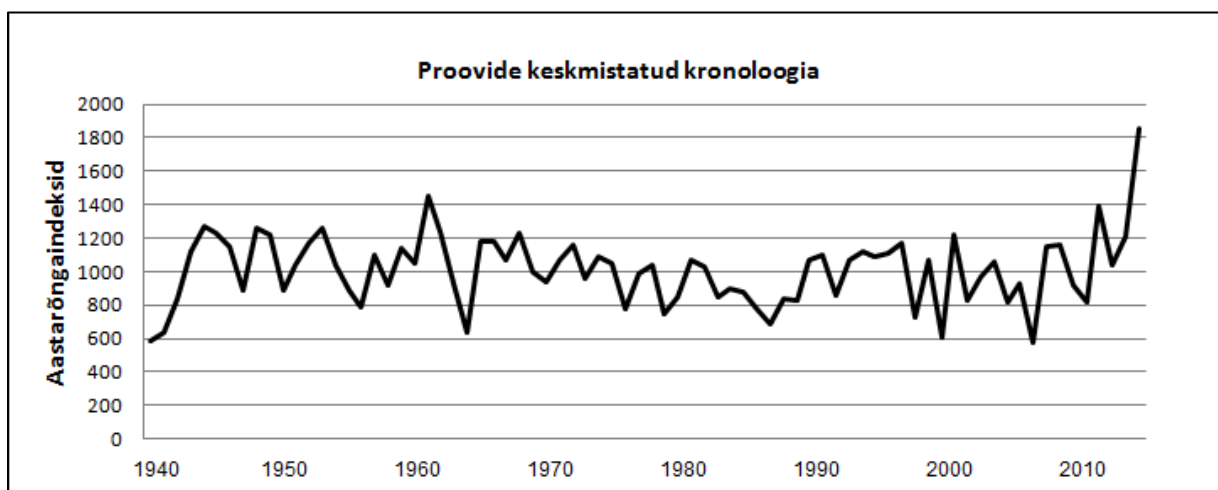
informatsiooni ning info peab olema korraldatud hierarhiliselt, et andmeid oleks hõlpsam töödelda. Kood koosneb kaheksast tähemärgist: 0 - mõõtmisandmed, E - Eesti, E - ebatsuuga, VLJ - proovi võtmise koht Viljandi, viimased kaks on puiduproovi number ja ning mis ilmakaarest on see võetud, nt 0EEVLJ9N (9 näitab proovi numbrit ning N näitab, et proov on võetud põhjasuunast) (Länelaid, 1999). Mõõdetud ja dateeritud iga ketta kahe proovi aastarõngaste laiuste read keskmistati ning nendel oli koodnimetuse esimeseks numbriks 1 ning seejärel kõikide proovide keskmised keskmistati omakorda üheks suureks kronoloogiaks ning selle koodnimetuse esimeseks numbriks on 2 (joonis 5) ning neid võrreldi Viljandi kliima näitajatega (sademed ja temperatuur).

Mõõtmistele järgnes andmete kvaliteedi kontrollimine programmiga COFECHA. Programmiga saab väga hästi korraldada andmete ristdateerimist. COFECHA programm kasutab segmenteeritud aegride korrelatsiooni tehnikat, et hinnata ristdateeringute kvaliteeti. COFECHA programmiga saab teada ka mõõtmistulemuste kvaliteeti ning see tuvastab tõenäolised väärastarõngad ning puuduvate aastarõngaste asukohad (Grissino-Mayer, 2001). COFECHA programmiga loodi aastarõngaste seeriast keskmistatud kronoloogia. Keskmistatud kronoloogiat võrreldi iga seeriaga eraldi ning kontrolliti üle kõikide proovide aastarõngade korreleerumised. Vigade parandus toimus taaskord TSAP-Win programmiga. Kontrolli käigus tuvastati ka mõningad mõõtmisvead ning need tuli parandada (nt. mõni aastarõngas jäi vahele või oli puudu). Puuduolevale aastarõngale tuli anda väärtuseks 1, sest programm ei tunnista 0-väärtusega aastarõngast.

COFECHA programmile järgnes DENDROCLIM2002 programmi kasutamine. Programmiga analüüsisin dendrokliimaatilisi näitajaid. DENDROCLIM2002 sisaldab endas võimalust katsetada ajalisi dendrokliimaatilisi muutusi evolutsiooniliste ja liikuvate intervallide abil. See aitab kliimanäitajate ja puu kasvu vahel teha kindlaks statistilisi seoseid ning esitada nende seoste dünaamikat (Biondi, Waikul, 2004). DENDROCLIM2002 programmiga leidsin korrelatsioone puude kasvu ja kliimanäitajate (kuu keskmine temperatuur ja sademetehulk) vahel. Kliimanäitajate andmestik pärineb Viljandi meteoroloogiajaamast, kuna see asus ebatsuuga alleele kõige lähemal. Vaatlusperiood algas kasvuperioodile eelneva aasta septembris ning lõppes kasvuperioodi aasta septembris ehk perioodi pikkuseks oli 13 kuud. Valik oli selline sellepärast, et aastarõngas moodustub vegetatsiooniperioodil ehk ühe kalendriaasta sees, aga eelmise aasta ilmastikuolud võivad mõjutada aastarõnga moodustumist. Programmis hinnati kliimanäitajate mõju võimalikku ajalist muutumist kolmel viisil. Esiteks, arvutati korrelatsioonikordajad aastarõngarea (kronoloogia) lõpuosa teatud

pikkusega ajalõigu ja kliimanäitajate vahel; seda ajalõiku pikendati ühe aasta kaupa minevikku (nn evolutsiooniline intervall) ja iga kord arvutati jälle korrelatsioonikordajad. Teiseks, arvutati korrelatsioonikordajad aastarõngarea algusosa teatud ajalõigu ja kliimanäitajate vahel; seda ajalõiku pikendati ühe aasta kaupa hilisema aja suunas ja arvutati iga kord korrelatsioonikordajad kliimanäitajatega. Kolmandaks, arvutati aastarõngarea ja kliimanäitajate vahelised korrelatsioonikordajad teatud pikkusega ajalõigis, mida nihutati ühe aasta kaupa kogu kronoloogia ulatuses (nn liikuv intervall).

Ekstreemsete kasvuaastate väljaselgitamiseks tegin ebatsuugadele näitaastate analüüsi, millega saab lihtsalt näidata eriti kitsaid ja laiu aastarõngaid. Analüüsi koostasini Weiser programmiga (García González, 2001). Weiser on programm, millega on saab määratleda aastarõngaste näitaastaid (pointer years) ja näitvahemikke (pointer intervals). Analüüsiks pidi kõik TSAP-Win programmis mõõdetud proovid liitma üheks failiks ning sisestama Weiser programmi. Weiser programmis on võimalik määratleda näitaastaid, näitväärtuste intervale ja nende kombineeritud näitajaid (García González, 2001). Selles töös pööran tähelepanu näitaastatele ning kuidas neid on ilmastikutingimused mõjutanud.



Joonis 5. Viljandi ebatsuugade keskmistatud kronoloogia perioodil 1940 – 2015.

4. Tulemused

Olles kontrollinud ning parandanud mõõtmistulemused, saadi üks Viljandi hariliku ebatsuuga allee puude keskmistatud kronoloogia. Ebatsuuga kronoloogia ulatuseks on 1940-2015. Kuid paari puu aastarõngaread olid 3 aastarõnga võrra pikemad, kuna need puud olid kiiremini kasvanud proovivõtukõrguseni. Lõpp-aastaks on 2015. Puud võeti maha küll 2016. aastal, aga kuna raie toimus kevadel, siis ei olnud ebatsuugadel moodustunud täielik aastarõngas, sest hilispuidu osa aastarõngas moodustub hiljem. Kronoloogia algaastaks on 1940, sest uue kümnendiga on hea kronoloogiat alustada ning 1940. aastast vanemasse perioodi jäi ainult kaks puud.

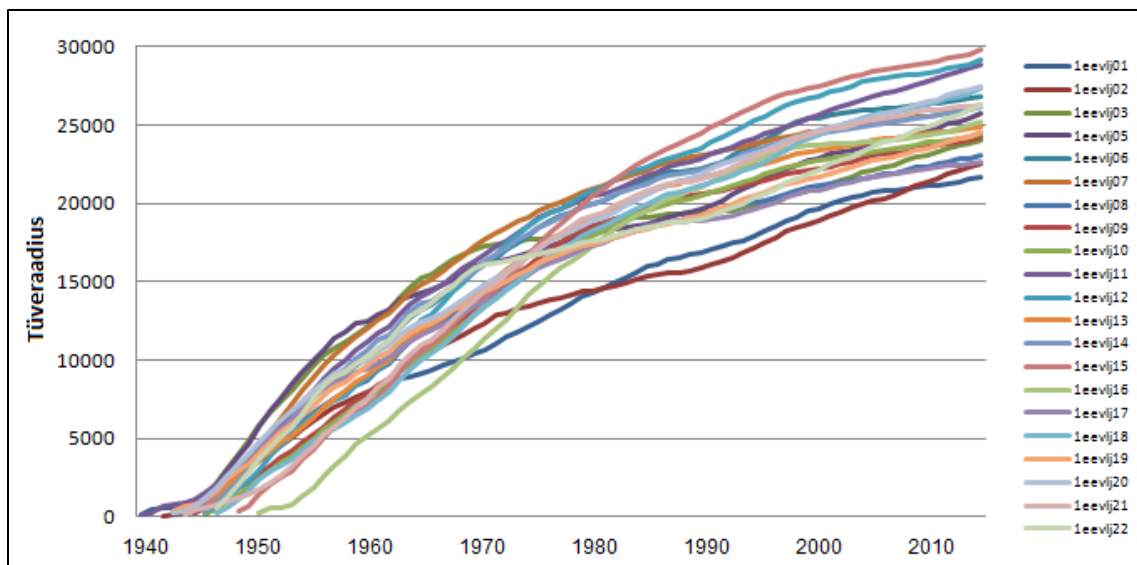
Ebatsuugade vanuse leidmiseks lugesin aastarõngaste arvu proovidelt. Vanuse sai määrata kõikidel puudel, sest puuduolevaid aastarõngaid ei esinenud. Eeldada võib, et ebatsuugad on istutatud enam-vähem samal perioodil, kuid esines ka puid, mis olid mõned aastad nooremad. Selle põhjuseks võib olla see, et osad puud kuivasid ja asendati või osad istutati lihtsalt hiljem.

Kõige nooremaks puu vanuseks määrasin 69 aastat (1 puu) ning kõige vanemaks puuks määrasin 79 aastat (2 puud). Ebatsuugade keskmine vanus on 75,1 aastat. Kronoloogias olevate aastarõngaste laiused jäid 0,18 ja 10,81 millimeetri vahele. Keskmiseks aastarõnga laiuseks mõõtsin 3,42 mm. Tuleb märkida, et nimetatud vanused on saadud aastarõngaste loendamisel 2 meetri kõrguselt võetud tüveristlõigetes. Võib oletada, et kui ebatsuugaistikud olid istutamise ajal alla 2 m kõrged, seega istutamine sai toimuda 2015 – 79 = 1936. aasta paiku. Madalamate istikute kasutamisel pidi istutusaeg olema mõne aasta võrra varasem.

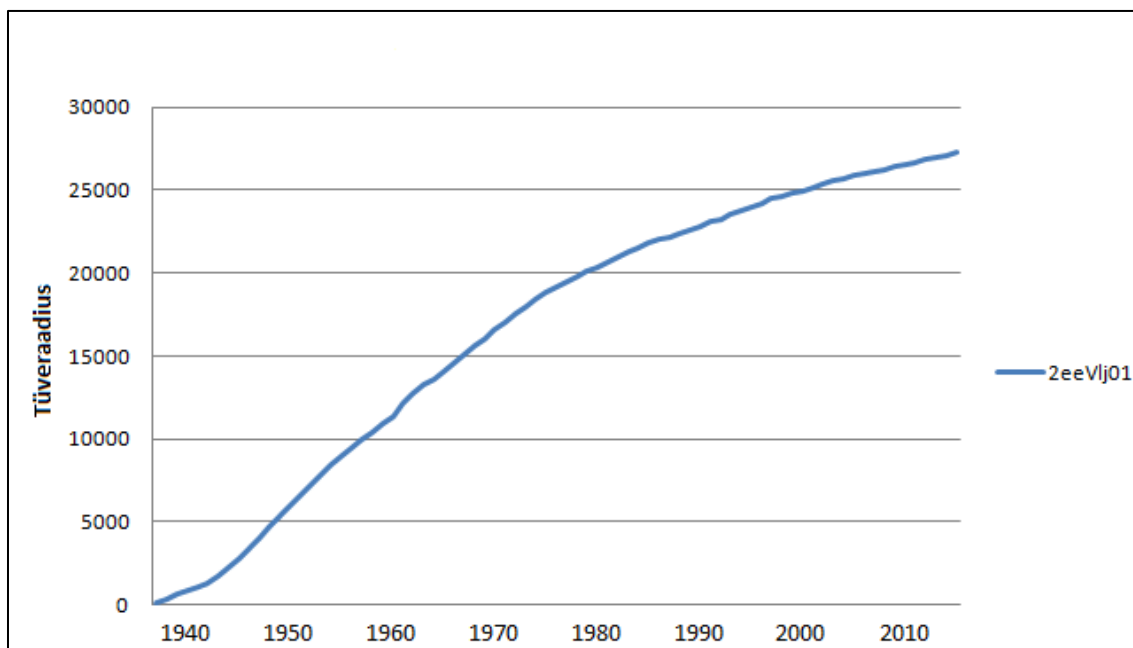
Viljandi ebatsuugade tõenäolise istutusaja väljaselgitamiseks koostati kumulatiivse juurdekasvu graafik (joonis 6). Sellelt lähtub, et ebatsuugad, mida proovid käsitlesid on istutatud arvatavasti 1940ndate alguses. Kaks puud on istutatud varem, arvatavasti 1937. aastal ning kaks puud hiljem, vastavalt arvatavalt 1947. ja 1949. aastal. Kuna teadaolevalt istutati Viljandi ebatsuugaallee 1930ndate alguses, siis kumulatiivse juurdekasvu meetodit kasutades selgub, et mitmed puud on istutatud hiljem, kui esialgu on arvatud.

Viljandi Uue tänava ebatsuugade andmeseeria pikkuseks on 79 aastat (1937-2015). Algusaastatel on puude juurdekasv olnud väike ja aeglane. Kiirem juurdekasv saabub 1940ndate lõpus ja 1950ndate alguses. Puude kasv on alates sellest perioodist küllaltki ühtlane

ning kasv pidurdub puudel 1980ndate alguses ning alates sellest on juurdekasv ühtlane kuni 2015. aastani välja. Kahe ebatsuuga nr. 01 ja 02 juurdekasv on teistega võrreldes aeglasem, muutus on toimunud 1960. aastal. Sellest perioodist peale on mõlemal puul olnud juurdekasv aeglane. 1984. aastal on 01 ebatsuuga juurdekasv pidurdunud ning on kõikunud kuni 2015. aastani välja. 02 ebatsuuga juurdekasvu suurenemine algas 1984. aastal ning alates sellest perioodist kasvas juurdekasv stabiilselt 2015. aastani.



Joonis 6. Viljandi ebatsuugade vanus ja juurdekasv kumulatiivsel meetodil.



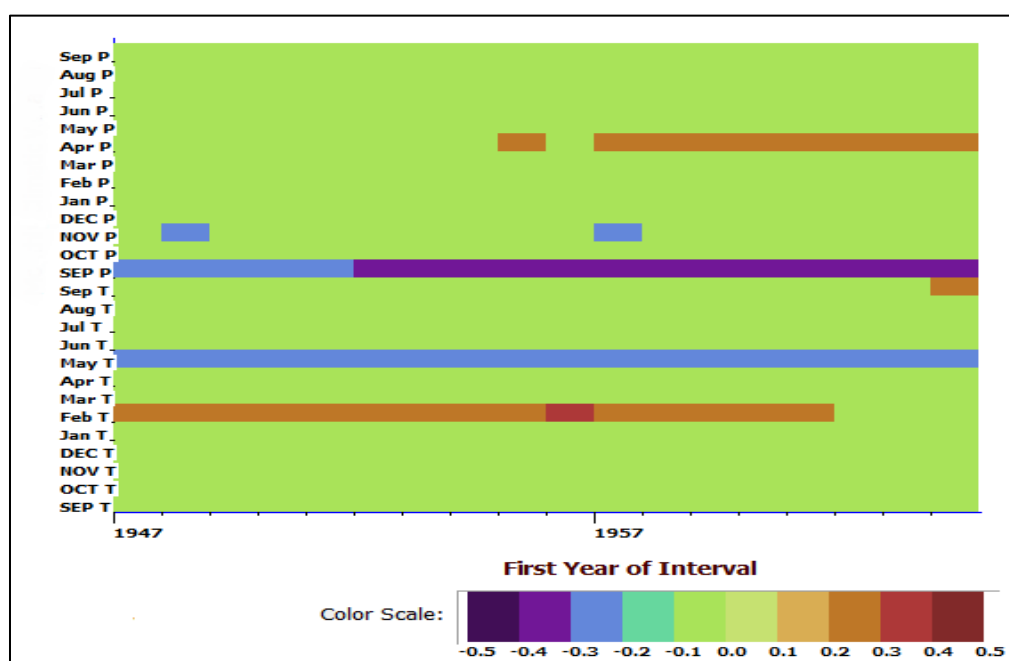
Joonis 7. Viljandi ebatsuugade keskmistatud aastarõngarea vanus ja juurdekasv kumulatiivsel meetodil.

Ebatsuugaproovide keskmistatud kumulatiivse juurdekasvu graafikut vaadates (joonis 7) selgub, et juurdekasv oli nooremas eas väike ja aeglane. Juurdekasvu kiirenemine algas 1943. aastal ning kestis 1980. aastani. Sellest ajast kuni 2015. aastani oli ebatsuugade juurdekasv aeglasem, aga suhteliselt ühtlane.

4.1 Hariliku ebatsuuga juurdekasvu seos temperatuuri ja sademetega

DENDROCLIM2002 programmiga analüüsiti temperatuuri ja sademete mõju ebatsuuga kasvule. Tehtud analüüside põhjal võib väita, et seosed temperatuuri, sademete ning ebatsuuga kasvu vahel on olemas mõne kindla kuu lõikes. Väga olulisi kliimaatilisi seoseid välja ei tulnud, aga natuke siiski.

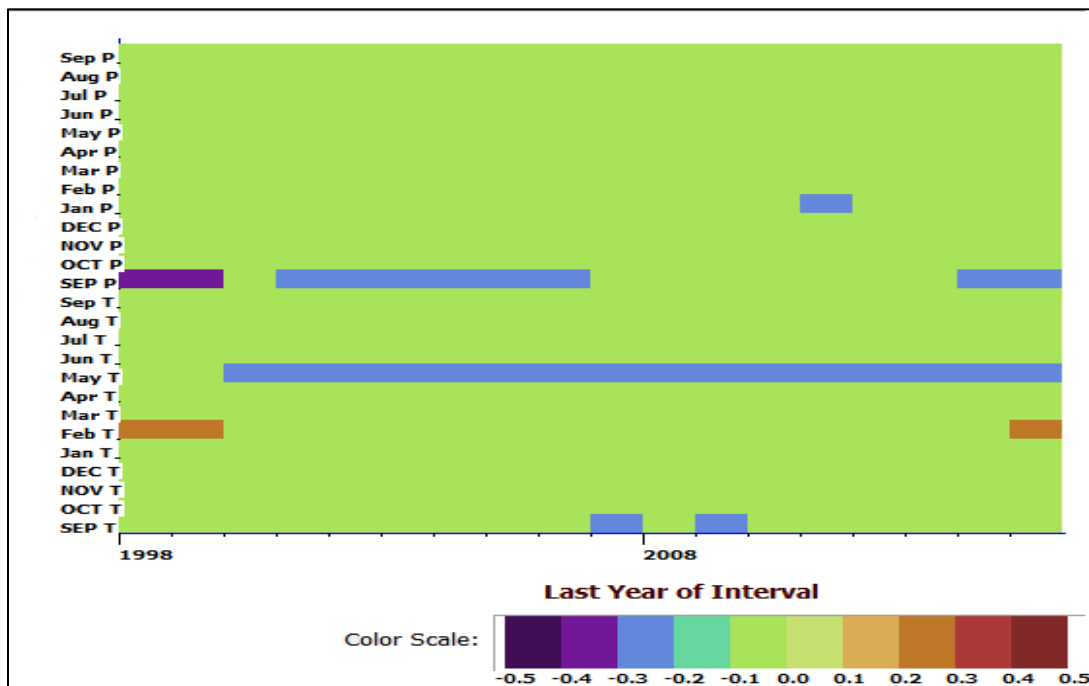
Statistiliselt olulisteks mõjudeks saab lugeda kasvuaasta septembri ja aprilli sademed ning mai ja veebruari temperatuure. Kui vaadata seoseid minevikku pikeneva intervalli korral, siis selgub, et kasvuperioodile eelneva aasta septembrikuu sademetel on oluline negatiivne mõju ebatsuuga juurdekasvule ning aprilli sademetel on positiivne mõju, kui puu on juba vanemas eas. Negatiivne mõju on puu juurdekasvule mai temperatuuridel ning veebruari temperatuuridel on juurdekasvule positiivne mõju (joonis 8).



Joonis 8. Sademete ja temperatuuri mõju ebatsuugade juurdekasvule minevikku pikeneva intervalli korral. Rõhthteljel on ajavahemik algpikkusega 52 aastat, mis algab 1964. aastaga ja lõpeb 2015. aastaga. Ajavahemikku pikendatakse minevikku 1 aasta kaupa, kuni

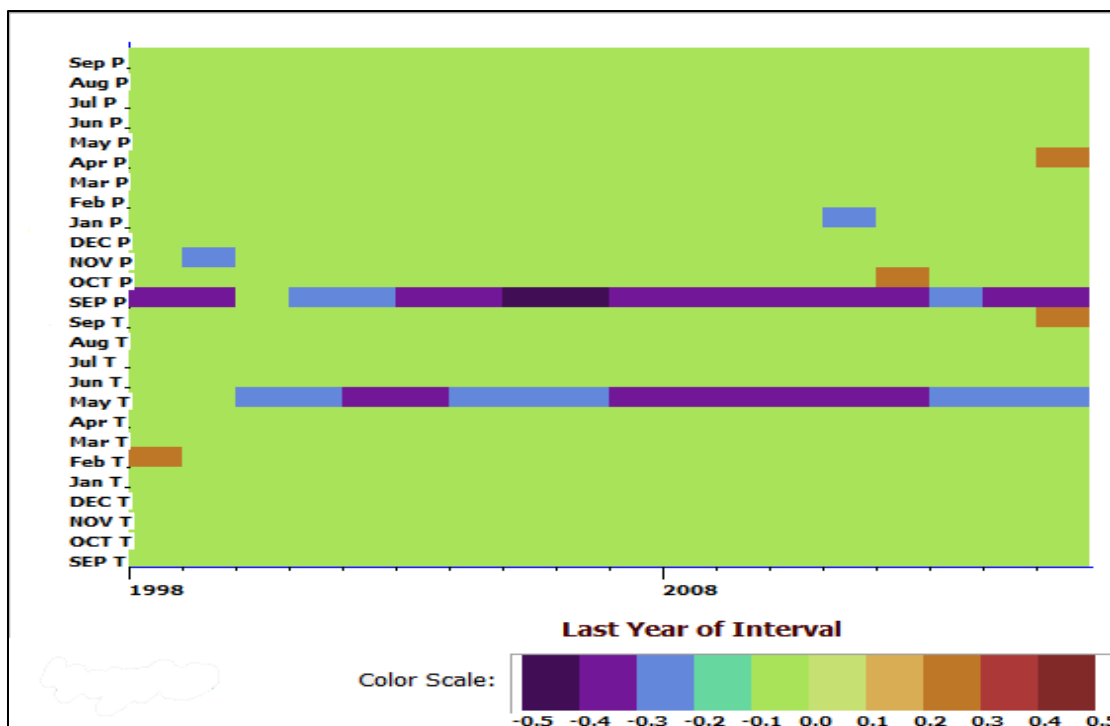
sisendkronoloogia algusega 1947. Igas positsioonis arvutatakse valitud kuude temperatuuride ja sademetega korrelatsioonid, mis kujutatakse värvi-ristkülikutena.

Hilisemasse aega pikeneva intervalli korral võib väita, et mai temperatuuridel on ebatsuuga juurdekasvule vähene negatiivne mõju. Kasvuperioodile eelneva aasta septembrikuu sademetel on kohatine negatiivne mõju lühematel perioodidel (joonis 9).



Joonis 9. Sademete ja temperatuuride mõju ebatsuuga juurdekasvule hilisemasse aega pikeneva intervalli korral. Rõhthetjel on vahemik, mille algpikkus on 52 aastat ning algab 1947. aastaga ja lõpeb 1998. aastaga. Ajavahemikku pikendatakse 1 aasta võrra edasi kuni 2015. aastani.

Liikuvat intervallimeetodit kasutades selgub, et kasvueelse aasta septembrikuu sademetel on ebatsuuga juurdekasvule negatiivne mõju ning mai temperatuuridel on samuti negatiivne mõju puu juurdekasvule. Näha on ka jaanuari sademete ja käesoleva aasta septembri temperatuuride mõju, aga need on küllalt väiksed, et neid ei arvestata (joonis 10).



Joonis 10. Sademete ja temperatuuride mõju ebatsugade juurdekasvule liikuva intervalli meetodiga. Rõhtteljel on vahemik pikkusega 52 aastat, algasendis 1947. kuni 1998. ning liigub 1-aastase sammuga mööda ajatelge, kuni viimase, 2015. aastani. Igas positsioonis arvutatakse valitud kuude temperatuuride ja sademetega korrelatsioonid, mis kujutatakse värvi-ristkülikutena.

Viljandi ebatsugade kasvu mõjutavad nii temperatuur kui ka sademed. Olulisemateks kasvu mõjutavateks teguriteks oli kasvuperioodile eelneva septembrikuu sademed, millel igat intervallimeetodit kasutades selgus, et neil on puude juurdekasvule negatiivne mõju ehk kui septembris sajab palju, siis puu juurdekasv on aeglasem. Läbivaks teguriks olid ka maikuu temperatuurid, millel oli samuti negatiivne mõju puude juurdekasvule. Minevikku pikenevat intervalli kasutades selgus, et veebruari temperatuuridel ja aprillikuu sademetel on puude juurdekasvule positiivne mõju, mis aga ei avaldunud teisi intervallimeetodeid kasutades. Statistiliselt olulise mõju tekkimine või lakkamine võib olla tingitud kas puude reaktsiooni muutumisest vananemisega või vastava kliimateguri taseme muutumisest vaatlusperioodi jooksul. Viimast kontrolliti meteoandmetest (Apr. P, Sep. P). Kokkuvõtvalt võib öelda, et temperatuuride ja sademete mõju ebatsuga juurdekasvule on statistiliselt oluline, kuid suhteliselt väike.

4.2 Näitaastad

Näitaastad on aastad, millal aastarõngad on naaberaastarõngastest tunduvalt erinevad, väga kitsad või väga laiad. See kõik oleneb sellest, milline on olnud puu juurdekasv ühe aasta jooksul. Aastarõngaste laiused ei ole alati ühesugused ning olenevalt mingist tegurist, kas siis looduslikest- või inimteguritest võivad need järsult varieeruda.

Näitvahemik esindab aastat, kus oluline osa juurdekasvust näitab eelmise aasta juurdekasvuga kas märkimisväärset kasvu tõusu või langust. Tavaliselt esitatakse näitvahemik protsentuaalselt ning vahepeal ka statistiliste kriteeriumitega (García González, 2001).

Näitväärtuste määramiseks kasutatakse kahe-poolset filtrit. Iga aasta on paigutatud liikuva akna keskmisse ning arvutatakse standardhälve ja keskmine. Indeksile selle aasta väärtused avaldatakse lokaalse keskmise hälbe kaudu (García González, 2001).

Viljandi Uue tänava ebatsuugaallee kronoloogia ajavahemikuks on 1937-2016 ning Weiser tõi välja 37 näitaastat (46,8% kogu kronoloogiast), millest negatiivseid aastaid oli 24 (30,4%) ja positiivseid aastaid 13 (16,5%). Kuna Weiser tõi negatiivse näitaastana välja ka aasta 2016, siis seda ma ei arvestanud, puude raiumise ajal oli 2016. aasta alles algusjärgus.

Tabel 2. Viljandi Uue tänava ebatsuugaallee positiivsed ja negatiivsed näitaastad ning nende temperatuuride erinevus Viljandi aastaaegade keskmistest temperatuuridest (°C).

Negatiivne näitaasta	Kevad	Suvi	Sügis	Talv	Positiivne näitaasta	Kevad	Suvi	Sügis	Talv
1940	-1,7	0,1	-0,7	-5,8	1939	-0,3	2,2	-2,4	1,4
1941	-3,6	0,6	-4,6	-3,3	1948	1,2	-4,9	7,9	-0,4
1942	-3,9	-1,2	-0,9	-7,8	1949	0,7	-1,4	0,6	3,9
1943	1,2	-0,7	0,0	1,0	1953	0,6	0,4	-0,4	-1,5
1947	-1,3	0,4	-1,3	-3,6	1961	1,1	-0,3	-0,4	4,8
1950	1,2	1,1	-0,6	-0,7	1962	-2,0	-2,4	-0,5	1,3
1951	-1,6	-0,3	-1,5	-0,7	1968	-0,3	0,2	-1,7	-3,5
1956	-3,0	-1,0	-2,8	-5,0	1972	-0,1	2,4	-1,2	0,1
1958	-3,0	-1,4	0,0	-0,4	1982	0,6	-0,7	0,2	-1,1
1964	-1,4	-0,3	-0,8	-1,2	1997	-0,6	1,8	-1,7	1,3
1970	0,3	0,2	-1,6	-4,3	2001	-5,1	1,4	-6,5	3,0
1976	-0,7	-1,4	-2,8	-0,4	2012	1,4	-0,2	0,3	0,6
1979	0,8	0,0	-1,1	-4,7	2015	1,8	-0,1	0,4	4,0
1980	-1,4	0,3	-1,4	-1,0					
1987	-1,9	-1,8	-1,4	-4,0					
1988	0,6	1,3	-1,9	1,8					
1989	2,9	0,4	-0,5	4,1					
1992	1,3	0,6	-2,3	4,0					
1998	0,8	-0,8	-2,8	2,2					
2000	2,4	-0,5	0,8	3,4					
2002	2,9	2,1	-2,8	1,6					
2007	3,0	1,1	-0,6	2,5					
2011	1,3	2,3	1,5	-2,4					

Tabel 3. Viljandi Uue tänava ebatsuugaallee positiivsed ja negatiivsed näitaastad ning nende sademete erinevus Viljandi aastaaegade keskmistest sademetest (mm).

Negatiivne näitaasta	Kevad	Suvi	Sügis	Talv	Positiivne näitaasta	Kevad	Suvi	Sügis	Talv
1940	-22	-50	puuduvad	-55	1939	33	puuduvad	puuduvad	-10
1941	-59	puuduvad	puuduvad	puuduvad	1948	-7	78	29	-43
1942	-75	20	puuduvad	puuduvad	1949	36	81	-76	-30
1943	-13	100	-56	-77	1953	-60	88	43	-37
1947	-29	-100	-58	-93	1961	24	7	-92	-22
1950	26	-149	175	-4	1962	9	121	-10	24
1951	-17	-109	-67	-42	1968	-2	6	20	-14
1956	-17	112	-65	10	1972	34	43	6	-64
1958	-6	-53	-57	-18	1982	-14	-64	-38	9
1964	-76	-85	-43	-53	1997	26	-10	113	27
1970	17	-65	-26	-50	2001	66	22	52	11
1976	3	-44	-49	82	2012	53	40	64	128
1979	-17	-69	-18	-27	2015	41	-10	-74	62
1980	-18	-28	0	-26					
1987	-1	71	-10	27					
1988	53	130	19	-10					
1989	6	33	-23	51					
1992	11	-79	-11	51					
1998	14	171	-74	34					
2000	3	-19	-24	53					
2002	-17	-53	-50	65					
2007	16	-16	65	67					
2011	-27	-67	-33	66					

Tabelis 2 on välja toodud Viljandi Uue tänava ebatsuugaallee näitaastate temperatuuride erinevused aastaaegade keskmistest temperatuuridest Viljandi Meteoroloogiajaama andmete põhjal. Tabelis 3 on välja toodud Viljandi Uue tänava ebatsuugaallee näitaastate sademete erinevused Viljandi aastaaegade keskmiste sademete näitajatest.

Negatiivseid kasvutrende põhjustasid Viljandi ebatsuugadele keskmisest madalamad temperatuurid kevadel, sügisel ja talvel ning keskmisest vähem sademeid kevadel, suvel ja sügisel ehk külmemad kevaded, sügised ja talved ning kuivemad kevaded, suved sügised mõjuvad ebatsuugade kasvule negatiivselt.

Positiivseid kasvutrende mõjutasid temperatuurid, siis kui aasta vältel keskmised temperatuurid üldiselt keskmisest ei erinenud. Suve sademete keskmisest suurem maht mõjus ebatsuugadele positiivselt ehk sajuemad suved ning keskmistele aastatele sarnanevad temperatuurid mõjuvad ebatsuugade kasvule positiivselt.

5. Arutelu

Viljandi Uue tänava ebatsuuga alleel kasvavad puud olid mahavõtmise ajaks umbes 80 aastased. Kõige vanemate puude andmereal algasid 1937. aastal. Andmeseeria kogupikkuseks oli 1937-2015 ehk 79 aastat. Kuna proovid on võetud 2 meetri kõrguselt tüvest, siis ei ole varasemad aastad kajastunud aastarõngastes, eeldades, et puud olid istutusajal alla 2 m kõrged.

Viljandi ebatsuugaallee raiuti 2016. aasta maikuus. Kuna puud olid üle 80 aasta vanad, olid nende võrad üsnagi problemaatilised. Probleemiks olid kuivanud ladvad ja oksad ning hõrenenud oksastik ning puud olid selle tulemusena kaotanud dekoratiivsuse. Selle põhjustajaks üldiselt on häiringud juurestikus, kas vee ja toitainete halvas kättesaadavuses või varjatud juuremädanikes (Järve, 2013). Kuna haigusi puudelt ei leitud, siis võib oletada, et ebatsuugade peamiseks kahjuteguriks oli inimtegurid, nt. teede hooldamine ja parandamine ning transport, millega on kahjustatud puude juurestikku ning puud ei ole saanud selle tulemusena kätte vajalikul hulgal vett ning toitained.

Ebatsuugade kasvuperioodide varieeruvus on kumulatiivse juurdekasvumeetodiga vaadates üsnagi stabiilne. Perioodil 1937-1943 on olnud puude juurdekasv aeglane ning alates 1943. aastast kuni 1980. aastani juurekasv tõusis. 1981. aastast kuni kasvuaja viimase aastani (2015) puude juurdekasv aeglustus.

Tulemustest selgus, et ebatsuugade kasvu mõjutavad negatiivselt septembrikuu sademed ning maikuu temperatuurid. Veebruari temperatuuridel ja aprillikuu sademetel on ebatsuugade kasvule positiivne mõju. Võrreldes neid andmeid Leedus uuritud ebatsuugadega, siis positiivsed mõjud on ebatsuugade juurdekasvule veebruari ja märtsi temperatuuridel ning augusti temperatuuridel Ida-Leedus ning septembri temperatuuridel madalamates piirkondades. Juuni sademetel on Ida-Leedu ebatsuugadele väga positiivne mõju. Nii Viljandi ebatsuugadele kui ka Leedu ebatsuugadele on positiivne mõju veebruari temperatuuridel (Vitas, Žeimavičius, 2006). USA-s Lääne-Oregonis uuritud ebatsuugade tulemustest selgub, et ka selles piirkonnas on veebruari, aprilli, mai, juuni ja oktoobri sademetel positiivne mõju puu juurdekasvule. Sellest järeldub, et ebatsuugadele on kolmes piirkonnas sademete poolest positiivsed kuud veebruar, aprill ning Leedu ja Oregoni ebatsuugadele ka juuni sademed (Argo, 2007).

Viljandi ebatsuugade näitaastaid oli kokku 36. Negatiivseid näitaastaid oli 23 ja positiivseid aastaid 13. Võrreldes neid aastaid Leedus uuritud ebatsuugadega, kattuvad Viljandi ebatsuugade näitaastatega 9 negatiivset näitaastat (Leedus kokku 14 negatiivset näitaastat). Positiivseid näitaastaid oli Leedus 6, aga Viljandi positiivsete näitaastatega need ei kattu. Negatiivsed näitaastad, mis kattusid on 1940, 1941, 1947, 1956, 1964, 1976, 1979, 1980 ja 1992. Positiivseid näitaastaid Leedus on tekkinud, kui on olnud soojad talved ja kevaded, niisked suved. Negatiivseid näitaastaid on põhjustanud põuased suved ja kevaded ning külmad perioodid talvel ja kevadel (Vitas, Žeimavičius, 2006). Võrreldes neid Viljandi ebatsuugadega, on sademete rohke suvi ebatsuugade kasvule positiivne. Külmemad kevaded ja talved ning põuased suved mõjuvad ebatsuugadele halvemini mõlemas piirkonnas. Poolas, Lääne-Pommeris uuritud ebatsuugade näitaastatest kattub Viljandi ebatsuugadega 4 negatiivset näitaastat, milleks on 1940, 1977, 1976 ja 1979 (Poolas kokku 10 negatiivset näitaastat) ning 2 positiivset näitaastat, milleks on 1961 ja 1997 (kokku 9 näitaastat). Poolas on negatiivsed näitaastad põhjustatud külmade talvedega aastatest, kus on eriti madalad temperatuurid jaanuaris ja veebruaris ning põuastel suvedel. Ka märtsi temperatuuridel on oluline mõju puu juurdekasvule. Positiivsete näitaastate põhjuseks on talve-temperatuurid, eriti jaanuari ja veebruari kõrged temperatuurid. Sademete vähesus kevad- ja suvekuudel põhjustab puude juurdekasvu vähenemist (Cedro, 2006).

Näitaastate sarnasust võivad Eestis ja Leedus ja Poolas näidata ka muud tegurid peale kliimatiliste tegurite. Viljandi ebatsuugade puhul võib selleks põhjuseks olla ka linnatingimustes kasvamine, kus kasvu pärssivaks teguriks võivad olla inimtegevuse poolt põhjustatud häiringud, nt. transport, teedehitus jne. Peale inimtekkeliste tegurite võib sarnasust põhjustada ka sarnane kliima ning maastik.

Kasvu võivad aeglustada ka kahjurite tegevus. Selle tulemusena võib jääda juurdekasv väiksemaks. Leedu ebatsuugade radiaalkasvu vähenemist on põhjustanud kahjurite invasioon. Uuringus kahjurite mõjust ebatsuugadele Leedus leiti, et seal esineb kaks peamist ebatsuugade haigust: *Rhabdocline pseudotsugae* ja *Phaeocryptopus gaeumanni* (Vitas, Žeimavičius, 2006).

Uurimistöö tulemustest võib järeldada, et ebatsuugade looduslikud kasvutegurid on Leedus ja Poolas üsnagi sarnased võrreldes Eesti omadega. Kõigis piirkonnas olid ebatsuugadele soodsad suviste sademete rohkus ning negatiivseks külmad temperatuurid talve-perioodil kui

ka üleüldiselt külmemad temperatuurid vastava aastaaja keskmisest mõjuvad negatiivselt ebatsuugade juurdekasvule.

6. Kokkuvõte

Ebatsuugasid hakati Eestis kasvatama 19. sajandi lõpus ning laialdasemalt 20. sajandi alguses ning praeguseks ajaks on vanimad ebatsuugad Eestis ligi 90-aastased, kuigi looduslikult levivad ebatsuugad Põhja-Ameerika läänerannikul ja Kaljumäestikus. Käesoleva uurimistöö eesmärgiks oli analüüsida hariliku ebatsuuga dendrokronoloogilisi andmeid seoses erinevate kliimanäitajatega Viljandi linnas kasvanud harilike ebatsuugade näitel ning võrrelda neid näitajaid mujal maailmas uuritud ebatsuugadega.

Uurimises koguti 46 proovi 22 ebatsuugalt. Proovidelt mõõdeti aastarõngaste laiused programmiga TSAP-Win. Kvaliteedi kontroll tehti programmiga COFECHA. DENDROCLIM2002 programmiga seoti Viljandi meteoroloogiajaamas mõõdetud kliimanäitajad, temperatuur ja sademed, keskmistatud kronoloogiaga. programmiga analüüsisin dendrokliimaatilisi näitajaid ning leidsin korrelatsioone puude kasvu ja kliimanäitajate vahel. Weiser programmiga leidsin näitaastad, mis näitavad ekstreemseid kasvuaastaid ehk eriti kitsaid või eriti laiu aastarõngaid. Kumulatiivse juurdekasvu meetodiga sain teada tõenäolise istutusaja.

Mõõtmistulemustest selgus, et kõige noorem puu on 69-aastane ning kõige vanem puu oli 79-aastane. Viljandi Uue tänava ebatsuugade andmerea pikkuseks on 79 aastat (1937-2015). Ebatsuugade tõenäoliseks istutusajaks on 1936. aasta, eeldades, et puud olid istutusajal alla 2 meetri kõrgused. Kumulatiivse juurdekasvu meetodit kasutades leidsin, et puud olid istutatud 1940. aastate alguses.

Juurdekasv ebatsuugadel oli kumulatiivse juurdekasvu meetodit kasutades algusaastatel väike ja aeglane 1940ndate lõpus ja 1950ndate alguses. Alates sellest perioodist kuni 1980ndate alguseni oli juurdekasv küllaltki ühtlane ning peale seda juurdekasv aeglustus, kuid oli ühtlane 2015. aastani välja.

DENDROCLIM2002 programmi kasutades selgus, et ebatsuugasid mõjutavad nii temperatuur kui ka sademed. Olulisemateks negatiivseteks teguriteks olid kasvuperioodile eelneva septembrikuu ning maikuu sademed. Positiivne mõju juurdekasvule on veebruari temperatuuridel ja aprillikuu sademetel. Kuigi temperatuuride ja sademete mõju on ebatsuuga juurdekasvule statistiliselt oluline, siis tegelikult on mõju suhteliselt väike.

Weiser programmiga uuriti ebatsuugadel esinevaid näitaastaid. Negatiivsete näitaastate põhjuseks võib lugeda keskmisest madalamaid temperatuure kevadel, sügisel ja talvel ning keskmisest vähem sademeid kevadel, suvel ja sügisel. Positiivsete näitaastate põhjuseks võib lugeda, kui aastas on valdavalt keskmised temperatuurid ning keskmisest suurem sademete maht suvel. Kuigi näitaastaid võivad põhjustada ka muud tegurid, nt. kahjurid ja haigused, kuid selle kohta tegelikud andmed puuduvad ning see on pelgalt oletus.

7. Summary

Growth of Douglas fir in Viljandi according to data of dendrochronology

Marko Mitt

One of the aims of this study was to provide a brief overview of dendrochronology, to describe the situation of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii*) as a non-native tree in Estonia. The second aim was to analyze relations of Douglas fir dendrochronological data to different climatic parameters of Viljandi. The third aim was to compare the Douglas fir data from Viljandi with Douglas fir from some other countries.

Douglas fir were widely cultivated in Estonia at the beginning of the twentieth century. The main introducer in Estonia was count F. Berg, who planted and founded the Douglas fir test cultures in Sangaste in 1910, which were first in Estonia.

The Douglas fir trees were located in Uus street in Viljandi. In this study, 46 samples were collected from 22 trees. Annual ring widths were measured and counted with the program TSAP-Win. The quality control was done with COFECHA program and DENDROCLIM2002 program tied temperature and rainfall parameters, measured in Viljandi meteorological station, with Douglas fir averaged chronology. With DENDROCLIM 2002 program I analyzed dendroclimatical indicators and found correlations between tree growth and climate characteristics. With Weiser program I found pointer years, which show extreme growth years, extra wide and narrow tree rings. Cumulative growth method helped to establish when the Douglas firs were probably planted.

The results revealed that the youngest of the trees were 69 years old and the oldest was 79 years old. The length of the Douglas fir data series is 79 years (1937-2015). Douglas firs in Viljandi were likely planted in 1936, assuming that the trees were less than 2 meters high when they were planted. The cumulative growth method found that the trees were planted in the early 1940s.

The cumulative growth increase of Douglas fir was low and slow in the late 1940s and early 1950s. From this period until the early 1980s, growth was fairly steady and afterwards the growth slowed down, but it was steady again in 2015.

Using the DENDROCLIM2002 program it turned out that both temperature and precipitation affect growth of Douglas fir. The most important growth factors were negative in the period preceding the month of May and September precipitation. The positive effect of the increment temperatures are in February and April precipitation. Although the temperatures and precipitation effects are statistically significant for Douglas fir, they actually have a relatively small impact.

With Weiser program I investigated pointer years of Douglas fir. Negative pointer years can be attributed to below-average temperatures in spring, autumn and winter, and less than average rainfall in spring, summer and autumn. Positive pointer years can be attributed to the year the average temperatures are mostly higher than the average of the amount of rainfall in the summer. Although the indicator for many years can also lead to other factors, for example pests and diseases, but in the absence of actual data, it is a mere conjecture.

8. Tänuavaldused

Minu suurim tänu läheb juhendaja Alar Läänelaiule, kes aitas leida materjale ja andmeid, andis mulle konstruktiivset tagasisidet ning õpetas mind kasutama uurimiseks vajalikke programme. Veel soovin ma tänada hea koostöö eest Viljandi Linnavalitsust, kust ma sain oma uurimiseks vajalikke materjale.

9. Kasutatud kirjandus

Abner, O., Elliku, J., Sander, H. 2004. Viieteistkümmne erakollektsiooni ülevaade. Toimetaja H. Sander. Ülevaade arboreetumite ja parkide puittaimedest. Eesti dendrofloora uuringud. Researches of woody plants of Estonia, VIII, 93–104.

Argo, K. L. 2007. The Relation of Precipitation and Annual Tree-Ring Growth of Douglas-Fir in Stands of Different Ages in the Western Oregon Cascade Range. Bachelor's thesis. University of Oregon, Department of Geography.

Biondi, F., Waikul, K. 2004 DENDROCLIM2002: A C++ program for statistical calibration of climate signals in tree-ring chronologies. Computers & Geosciences 30: 303–311.

Cedro, A. 2006. Influence of thermic and pluvial conditions on the radial increments of *Pseudotsuga menziesii* Franco from Western Pomerania, Poland. In: Heinrich, I., Gärtner, H., Monbaron, M., Schleser, G. (eds.) TRACE - Tree Rings in Archaeology, Climatology and Ecology, 4: Proceedings of the DENDROSYMPOSIUM 2005, April 21st – 23rd 2005, Fribourg, Switzerland. Schriften des Forschungszentrums Jülich, Reihe Umwelt Vol. 61, p. 132 – 140.

Earle, J. C. 2015. The Gymnosperm Database. *Pseudotsuga*.
<http://www.conifers.org/pi/Pseudotsuga.php>, viimati vaadatud 09.05.2017.

Fritts, H. C. 1976. Tree Rings and Climate. Laboratory of Tree-Ring Research University of Arizona. Tucson.

García González, I. 2001. Weiser: a computer program to identify event and pointer years in dendrochronological series. Dendrochronology 19(2): 239-244.

Grissino-Mayer, H. D. 2001. Evaluating crossdating accuracy: a manual and tutorial for the computer program COFECHA. TREE_RING RESEARCH 57(2): 205-221.
http://lustiag.pp.fi/__CC-Art/__USRes/2001_Grissino_Cofecha.pdf, viimati vaadatud 09.05.2017.

Hariduskeskuse kodulehekülg, Kasutatud 09.05.2017.
http://www2.hariduskeskus.ee/opiobjektid/dendro/harilik_ebatsuuga.htm.

Hermann, R. K. 1990. Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*). University of California, Forest Research and Outreach.

http://ucanr.edu/sites/forestry/http___ucanrorg_sites_forestry_California_forests_Tree_Identification_/Douglas-fir/, viimati vaadatud 09.05.2017.

Hermann, R. K., Lavender, D. P. 2017. Douglas-Fir.

https://www.na.fs.fed.us/spfo/pubs/silvics_manual/Volume_1/pseudotsuga/menziesii.htm, viimati vaadatud 09.05.2017.

Hermann, R. K., Lavender, D. P. 2014. Douglas Fir: The Genus *Pseudotsuga*: Oregon State University Corvallis. 378 pp.

http://ir.library.oregonstate.edu/xmlui/bitstream/handle/1957/47168/Douglasfir_BOOK_color_lowres%20APRIL%2024.pdf?sequence=8, viimati vaadatud 23.05.2017.

Ignase puukool: hinnakiri. 2017. Ebatsuuga, harilik *Pseudotsuga menziesii*.

<http://www.ignasepuukool.ee/toode/ebatsuuga-harilik-pseudotsuga-menziesii/>.

Järve, S. 2013. Viljandi Uue tänava ebatsuugade seisundi hindamine. Hinnang. Eesti Arboristide Ühing MTÜ.

Kanger, M., Sander, H. 2004. Kodu- ja võõramaiste puittaimede ülevaade Eduard Viiroki poolt aastatel 1926-1936 kogutud materjali alusel. Eesti dendrofloora uuringud. Researches of woody plants of Estonia, VIII, 5–52.

Kasesalu, H. 2008. Krahv Friedrich Berg dendroloogina. Toimetaja Ü. Tamm. Dendroloogilised uurimused Eestis IV lk 167. Tartu: Eesti Metsaselts.

Keskkonnaameti kodulehekül, kasutatud 09.05.2017,

https://www.keskkonnaamet.ee/sites/default/public/50_tavalisemat_pargipuud_ja_poosast_200dpi.pdf.

Kleesment, A., Nestor, H., Soesoo, A. (koost.) 2006. Devon Eestis. GEOGuide Baltoscandia. Tallinn. http://www.gi.ee/geoturism/Devon062011_EST_100dpiS.pdf, viimati vaadatud 09.05.2017.

Koorep, S. 2016. Ebatsuugade kannud lähevad mahavõtmisele. Sakala, 1. juuni. <http://sakala.postimees.ee/3715903/ebatsuugade-kannud-lahevad-mahavotmisele>, viimati vaadatud 08.05.2017.

Laas, E. 2004. Okaspuud. Atlox, Tartu. Lk 163-172.

Läänelaid, A. 1999. Dendrokronoloogia – BGBO.01.039. Loengukonspekt. <http://www.botany.ut.ee/lectures/dendro.html#Printsiibid>, viimati vaadatud 08.05.2017.

Läänelaid, A. 1999. Tree ring data from Estonia collected in 1999. Kolström, T., Lindholm, M., Viinanen, R. 2000. Conifer growth variability during the holocene in Northern Europe. University of Joensuu, Faculty of Forestry.

Maa-ameti geoportaal, kasutatud 24.05.2017 <http://geoportaal.maaamet.ee/>.

Masing, V. (koost.) 1992. Ökoloogialeksikon. Loodusteaduslik oskussõnastik. Eesti Entsüklopeediakirjastus. Tallinn. 320 lk.

Mathiesen, A. 1934. Dendroloogia. Tartu, Akadeemilise Metsaseltsi kirjastus, 783 lk.

Rinntech kodulehekül, kasutatud 09.05.2017 <http://www.rinntech.de/index-52147.html>.

Roht, U. 2003. Harilik ebatsuuga on perspektiivikas puuliik. Eesti Mets 4.

Saarman, E. Veibri, U. 2006. Puiduteadus. Eesti Metsaselts, Tartu.

SA Järvelja Õppe- ja katsemetsakond kodulehekül, kasutatud 09.05.2017, <http://jarvelja.ee/pood/okaspuud/pseudotsuga-menziesii-harilik-ebatsuuga/>.

Schweingruber, F. H. 1996. Tree Rings and Environment: Dendroecology. Berne, Haupt. 609 pp.

Seil, L. 1999. Ebatsuugad tekitavad paksu verd. Sakala, 12. august. <http://sakala.postimees.ee/2452847/ebatsuugad-tekitavad-paksu-verd>, viimati vaadatud 08.05.2017.

Suurmägi, M. 2013. Linn tahab ohtlikke ebatsuugasid raiuda. Sakala, 8. oktoober.

Traks, K. 2016. Puude kahjustused metsa kasvukäigu püsiproovitükkidel. Bakalaureusetöö. Eesti Maaülikool, Metsandus- ja maaehitusinstituut.

Uus tänav (Viljandi). Vikipeedia [https://et.wikipedia.org/wiki/Uus_t%C3%A4nav_\(Viljandi\)](https://et.wikipedia.org/wiki/Uus_t%C3%A4nav_(Viljandi)), viimati vaadatud 09.05.2017.

Vabrit, T. 2016. Elektrooniline kiri. Viljandi, 10.oktoober 2016.

Viljandi Linnavalitsus: teade. 2016. Viljandi linn müüs Uue tänava ebatsuugaallee raieõiguse. Kasutatud 09.05.2017, https://www.viljandi.ee/uudised-ja-teated/-/asset_publisher/zrm9vPkY4pd4/content/viljandi-linn-muus-uue-tanava-ebatsuugaallee-raieoiguse.

Vitas, A., Žeimavičius, K. 2006. Trends of Decline of Douglas Fir in Lithuania: Dendroclimatological Approach. *Baltic Forestry* 12(2): 200-208.

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Marko Mitt,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

Ebatsuuga kasvust Viljandis dendrokronoloogilistel andmetel,

mille juhendaja on Alar Läänelaid,

1.1.reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2.üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, **23.05.2017**